

IMPLEMENTASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL MENGGUNAKAN ZIGBEE PADA MONITORING TABUNG INKUBATOR BAYI

Fathur Zaini Rachman

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan

Corresponding author, e-mail : fozzer85@gmail.com

Abstrak—Implementasi jaringan sensor nirkabel menggunakan zigbee bertujuan untuk memudahkan komunikasi antara pengguna (perawat) dengan sistem yang sedang beroperasi pada tabung inkubator bayi. Selain itu, perawat dapat selalu memantau kondisi tabung inkubator bayi walaupun berada di ruang perawat. Pada penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama, pertama modul sensor menggunakan SHT11 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban tabung inkubator bayi, kedua jaringan nirkabel menggunakan ZigBee sebagai media komunikasi antara modul sensor dengan komputer, ketiga HMI (*Human Machine Interface*) pada komputer sebagai pengolah data yang diterima dari setiap modul sensor yang tersebar. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa sistem dapat bekerja dengan semestinya dengan topologi *star*, sehingga komunikasi ini sangat baik bila diterapkan pada ruang lingkup yang masih dijangkau oleh *end device* dan *coordinator*. Adapun untuk ruang lingkup yang lebih luas dapat menggunakan topologi *mesh* dengan menambahkan *router* pada titik jangkauannya.

Kata Kunci : *Modul Sensor, Jaringan Nirkabel, Human Machine Interface*

Abstract—Implementation of wireless sensor networks using zigbee to facilitate communication between users (nurse) with systems that operate on tube baby incubator. In addition, nurses can always monitor the condition of tube baby incubator at the nursing station. In this study consists of three main parts, the first sensor module using SHT11 as detection of temperature and humidity tube baby incubator, the second wireless network using ZigBee as a medium of communication between the sensor module with a computer, a third HMI (*Human Machine Interface*) on the computer as a data processor which received from each sensor module scattered. The results of this study found that the system can work properly with a star topology, so communication was very good when applied to the scope of which is still to reach by the end device and the coordinator. As for the broader scope can use a mesh topology to add a router at the point range.

Keywords : *Sensor module, wireless network, Human Machine Interface.*

Copyright © 2016 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Inkubator bayi adalah salah satu alat medis yang digunakan untuk menjaga kestabilan suhu dalam tabung inkubator secara berkala. Terutama Bayi prematur umumnya perlu diletakkan pada tabung inkubator yang mempunyai sistem pengontrol suhu dan kelembaban, sehingga kestabilan suhu bayi dapat dijaga. Faktor – faktor yang perlu diperhatikan pada inkubator adalah suhu inkubator, suhu bayi, dan kelembaban dalam tabung inkubator.

Pada saat ini banyak terjadi kecelakaan pada bayi di tabung inkubator, yang menyebabkan bayi mengalami kepanasan hingga bayi meninggal dunia. Faktor kejadian ini terjadi

karena beberapa hal, salah satunya sistem kendali suhu dan kelembaban pada tabung inkubator bayi sudah tidak beroperasi dengan baik. Selain itu belum adanya peringatan berupa informasi jika tabung inkubator bayi bermasalah, sehingga penanganannya oleh perawat menjadi lambat.

Pada penelitian ini, bertujuan untuk mencegah kejadian yang serupa dengan suatu perangkat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban sebagai *back up* informasi tabung inkubator bayi, dan untuk pemasangan perangkat agar supaya lebih mudah dan hemat energi maka dibutuhkan suatu komunikasi data dari titik pemasangan sebagai pengiriman data ke titik penerimaan sebagai pengolahan data oleh komputer. Selain itu untuk penanganan oleh

perawat agar lebih maksimal dari segi penanggulangan kecelakaan digunakan komputer sebagai HMI (*Human Machine Interface*) untuk memantau kondisi tabung inkubator bayi secara berkala. Agar dapat menjaga kestabilan suhu tubuh bayi dalam batas normal antara 36°C - 37°C.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Inkubator Bayi

Inkubator Bayi merupakan salah satu alat medis yang berfungsi untuk menjaga suhu sebuah tabung supaya suhu tetap stabil. Pada modifikasi inkubator bayi, terdapat sebuah kendali yang dibagi menjadi 2 bagian (bagian atas dan bagian bawah). Bagian atas digunakan untuk meletakkan sensor, tampilan informasi sensor, kendali dan rangkaian elektronik. Sedangkan pada bagian bawah dibagi menjadi 3 bagian yang dibatasi dengan sekat yang digunakan untuk meletakkan pemanas, wadah air dan kipas. Contoh tabung inkubator di rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 1.



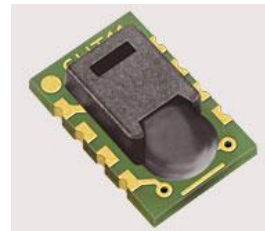
Gambar 1. Tabung Inkubator Bayi

Contoh Gambar 1 merupakan contoh peletakkan tabung inkubator diruangan pada rumah sakit pada umumnya.

2.2. Modul Sensor

Modul sensor SHT11 seperti pada Gambar 2 memiliki fungsi yaitu sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban, selain itu sebagai titik pengiriman data ke komputer. Pada bagian pendeteksi suhu dan kelembaban menggunakan sensor SHT11, hubungan antara mikrokontroler dengan SHT11, dimana mikrokontroler berfungsi sebagai *master* dan SHT11 sebagai *slave*. Sensor SHT11 memiliki alamat 00000101

biner atau 05 hexadesimal dan untuk mengakses kelembaban dan 00000011 biner atau 03 hexadesimal untuk mengakses temperatur. Data yang diterima mikrokontroler dari SHT11 berupa data serial, karena SHT11 memiliki ADC (*Analog to Digital Converter*) sehingga data yang dikirim sudah berupa data digital. Hasil pengolahan data oleh mikrokontroler ditampilkan juga pada LCD (*Liquid Cristal Display*) yang berfungsi untuk tampilan pengaturan suhu dan kelembaban di tabung inkubator.



Gambar 2. Sensor SHT11

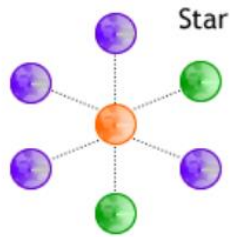
2.3. ZigBee dan Topologi Jaringan

ZigBee adalah standar yang menetapkan seperangkat protokol komunikasi untuk *data rate* rendah pada jaringan nirkabel jarak pendek. Perangkat nirkabel berbasis ZigBee beroperasi pada band frekuensi 868 MHz, 915 MHz dan 2,4 GHz. Data maksimum adalah 250 Kbps. Bentuk fisik Zigbee seperti pada Gambar 3 [1].



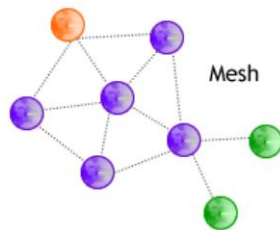
Gambar 3. Zigbee

Dalam media komunikasi nirkabel menggunakan ZigBee, jaringan ini memiliki 2 topologi yaitu topologi *star* dan topologi *mesh*. Dalam topologi *star* seperti pada Gambar 4 atau biasa disebut juga dengan nama *point to point* terdiri dari *end device* dan *coordinator*, dalam topologi ini semua perangkat berkomunikasi langsung ke *coordinator*, sehingga komunikasi ini sangat baik bila diterapkan pada ruang lingkup yang masih dijangkau oleh *end device* dan *coordinator* [2].



Gambar 4. Topologi Star

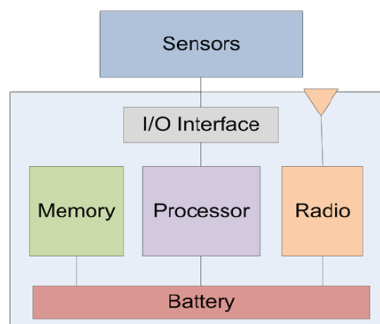
Sedangkan pada topologi mesh biasa disebut juga *peer to peer* yang terdiri dari *end device*, *router* dan *coordinator*. Dalam topologi mesh seperti pada Gambar 5, digunakan dalam penerapan jangkauan yang lebih luas ketimbang pada topologi star. Dimana, area yang tidak terjangkau dapat ditangani dengan menggunakan *router* dalam pengiriman dan penerimaan data antara *end device* dengan *coordinator*. Selain itu, pada topologi mesh dapat mendukung komunikasi multi-hop sehingga sinyal yang lemah dapat ditangani dengan menggunakan perangkat router sebagai jembatan penghubung [3,4].



Gambar 5. Topologi Mesh

2.4. WSN (*Wireless Sensor Network*)

WSN atau jaringan sensor nirkabel adalah kumpulan sejumlah *node* yang diatur dalam sebuah kerjasama jaringan [5]. Arsitektur umum pada perangkat sensor nirkabel pada Gambar 6.

Gambar 6. Arsitektur dari *node* WSN

Setiap *node* setidaknya memiliki fungsi perhitungan, komunikasi nirkabel, dan penginderaan atau fungsi kendali [6]. Banyak aplikasi yang dapat dilakukan menggunakan WSN, misalnya dalam pengumpulan data pada kondisi suatu lingkungan, pengamatan keamanan dan sistem pelacak keberadaan *node* [7]. WSN ini telah diterapkan pada aplikasi sistem keamanan di rumah sakit [8]. Sejumlah rumah sakit dan pusat kesehatan menggunakan aplikasi teknologi WSN untuk berbagai aplikasi medis, dengan melakukan pengumpulan data-data penting pasien yang terintegrasi secara otomatis terekam ke dalam catatan perawatan pasien, korelasi dengan catatan rumah sakit, dan pengamatan jangka panjang, sehingga data-data tersebut menjadi database klinis. Hal ini memungkinkan dokter untuk mempelajari efek dari program intervensi medis.

2.5. HMI (*Human Machine Interface*)

Untuk mempermudah perawat atau penjaga dalam melakukan *monitoring* maka diperlukan program aplikasi dalam bentuk HMI dengan bantuan *software* Visual Basic seperti pada Gambar 7. HMI merupakan tampilan dari analisa dan pengolahan data oleh *coordinator*, dimana *coordinator* yang letaknya pada komputer menangkap paket data yang ada pada modul sensor. Tampilan HMI ini akan memberikan informasi keadaan tabung inkubator kepada perawat dalam mengetahui keadaan suhu dan kelembaban tabung, sehingga perawat tidak perlu lagi harus memantau secara berkala ketempat pemasangan, dan apabila terjadi sesuatu pada tabung inkubator maka dapat segera diketahui dan ditangan dengan cepat, karena pengiriman paket data yang ada pada modul sensor dikirim secara terus menerus dari titik modul sensor ke komputer sebagai pengolah data.



Gambar 7. Visual Basic Net

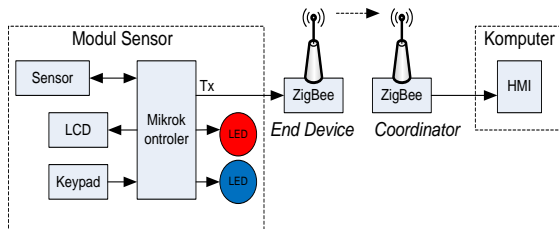
3. METODOLOGI DAN TEORI

Metodologi dimulai dengan perancangan, pembuatan perangkat hingga pengujian setiap bagian. Setelah pengujian dilakukan maka

dilakukan pemasangan antar bagian untuk menguji kinerja alat yang dibuat.

3.1. Perancangan Rangkaian

Dalam perancangan terbagi menjadi 3 bagian pokok, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Blok Sistem

3 bagian pokok tersebut, yaitu (1) modul sensor yang terletak pada tabung inkubator bayi, berfungsi sebagai pendeteksi atau pengindra suhu dan kelembapan yang diatur sesuai dengan masukkan pada *keypad* sehingga hasil dari pembacaan dapat dilihat pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dan data yang ditampilkan juga dikirim melalui komunikasi *end device* ke *coordinator* pada komputer. (2) ZigBee sebagai media komunikasi antar titik modul inkubator dalam mengirim data informasi ke komputer. (3) HMI (*Human Machine Interface*) sebagai pengolah informasi data dari setiap titik modul inkubator yang terpasang.

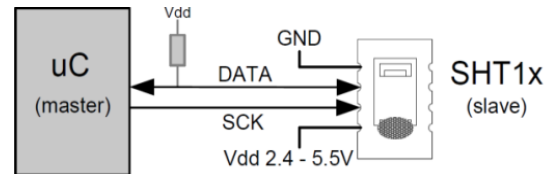
3.2. Modul Sensor dan Cara Kerjanya

Modul sensor terletak pada tabung inkubator, seperti pada Gambar 9.



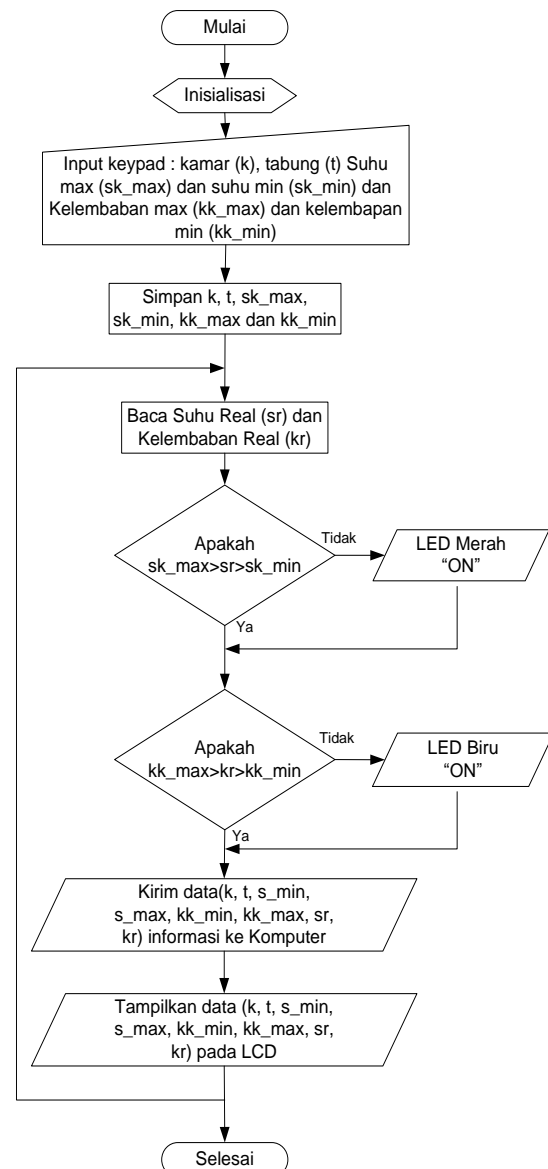
Gambar 9. Tabung Inkubator

Modul sensor terletak dibagian dalam pada tabung inkubator, dimana terintegrasi langsung ke mikrokontroler selalui jalur I²C Bus seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Jalur I2C Bus mikrokontroler dengan sensor SHT11

Adapun cara kerja sistem pada mikrokontroler sebagai pemroses data seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Kerja Sistem Modul Sensor

Pada Gambar 11 menyatakan bahwa seorang perawat memasukkan informasi data berupa :

k = kamar
t = tabung
s_min = suhu minimum
s_max = suhu maksimum
kk_min = kelembapan minimum
kk_max = kelembapan maksimum

setelah perawat memasukkan informasi maka data-data tersebut tersimpan, selanjutnya proses pembacaan suhu dan kelembapan yang dilakukan oleh mikrokontroler ke SHT11. Dimana :

sr = suhu real
kr = kelembapan real

kemudian terjadi seleksi suhu dan kelembapan, jika suhu (sr) diatas suhu maksimum (s_max) atau suhu dibawah suhu minimum (s_min) yang ditentukan, maka LED merah “ON”. Jika tidak, maka proses dilanjutkan ke seleksi kelembapan. Pada seleksi kelembapan, jika kelembapan (kr) diatas kelembapan maksimum (k_max) atau kelembapan dibawah kelembapan minimum (k_min) yang ditentukan, maka LED biru menyala “ON” dan dilanjutkan dengan pengiriman data informasi ke melalui pin Tx mikrokontroler. Jika tidak, maka data juga dikirim melalui pin Tx mikrokontroler dan ditampilkan pada LCD.

3.3. Protokol Komunikasi

Dalam sebuah sistem komunikasi dibutuhkan sebuah protokol agar dapat saling berkomunikasi, tujuannya adalah agar paket data yang diterima tidak terjadi kesalahan dalam menerima dan menentukan tindakan yang harus dilakukan selanjutnya pada bagian penerima dan ditampilkan dalam bentuk HMI (*Human Machine Interface*). Adapun bentuknya seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Protokol Komunikasi

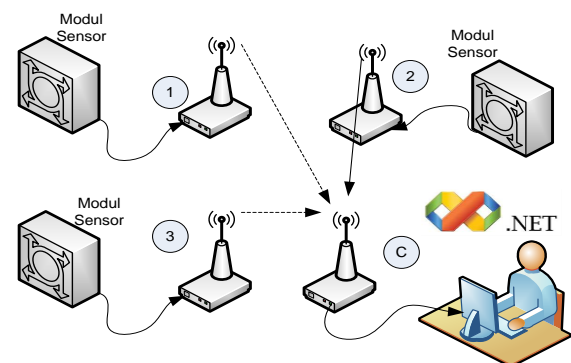
Gambar 12 menunjukkan urutan pengiriman data dan tabel I menunjukkan keterangan bahwa ukuran protokol yang digunakan adalah 16 byte.

Tabel 1. Simbol Protokol dan Ukurannya

Simbol	Ukuran (Byte)	Keterangan
@	1	Start (Awal Protokol)
k	1	Kamar
t	1	Tabung
sk_max	2	Suhu maksimum
sk_min	2	Suhu minimum
Kk_max	2	Kelembapan maksimum
Kk_min	2	Kelembapan minimum
sr	2	Suhu real (sensor)
kr	2	Kelembapan real (sensor)
#	1	End (Akhir Protokol)

3.4. Jaringan Nirkabel ZigBee

Pada topologi *star* semua perangkat berada dalam komunikasi langsung ke *coordinator*, dimana semua informasi data diarahkan. Skenario topologi *star* seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Skenario Topologi Jaringan

Dalam skenario topologi *star* seperti pada Gambar 13, hal pertama dalam membangun sebuah jaringan adalah dengan membuat alamat sumber (MY) dan identitas jaringan (ID) pada *coordinator* PAN (*Personal Area Network*), pembuatan alamat sumber (MY) pada *coordinator* PAN bertujuan untuk memastikan alamat tujuan (DL) dari semua perangkat jaringan, sedangkan pembuatan identitas jaringan unik pada *coordinator* PAN bertujuan menjamin bahwa identitas jaringan PAN tidak digunakan oleh jaringan terdekat lainnya dalam kawasan radio, di mana di kawasan tersebut perangkat radio dapat berkomunikasi dengan radio lainnya. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan alamat sumber (MY), alamat tujuan (DL) dan identitas jaringan (ID) pada semua

perangkat. Adapun tujuan pembuatan alamat tujuan (DL) pada perangkat adalah untuk memastikan bahwa paket data dari perangkat dapat diterima oleh *coordinator* yang pada kali ini *coordinator* berperan sebagai pengumpul data dari semua yang perangkat dalam jaringan. Keterangan tentang konfigurasi jaringan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Simbol Protokol dan Ukurannya

Simbol	MY	DL	ID	Keterangan
C	1	0	999	<i>Coordinator</i>
1	2	1	999	<i>End-Device</i>
2	3	1	999	<i>End-Device</i>
3	4	1	999	<i>End-Device</i>

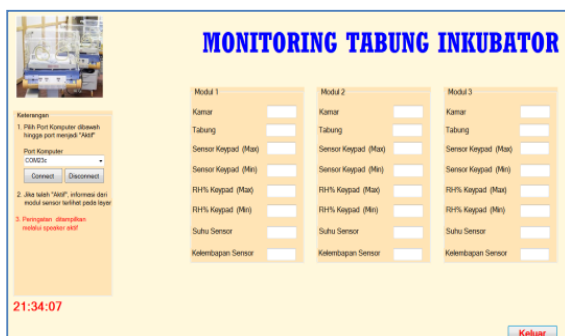
3.5. Pengujian Jaringan Nirkabel

Pengujian ini dilakukan di gedung (*indoor*), dimana untuk mengetahui jarak pengiriman dari perangkat sensor atau *end device* ke *coordinator*. Proses pengiriman data dilakukan dengan melakukan beberapa variasi jarak, sehingga didapatkan besar *packet loss* yang terjadi hingga 100% dengan jarak yang berbeda-beda. Pengujian komunikasi dilakukan pada transmisi *indoor*. Daya pancar yang digunakan dalam transmisi adalah 10mW(10dBm), RF Data Rate 1200 bps – 250 kbps. Adapun kemampuan sensitivitas penerima yaitu sebesar -100 dBm (1% *packet error rate*) [3].

3.6. Tampilan Human Machine Interface

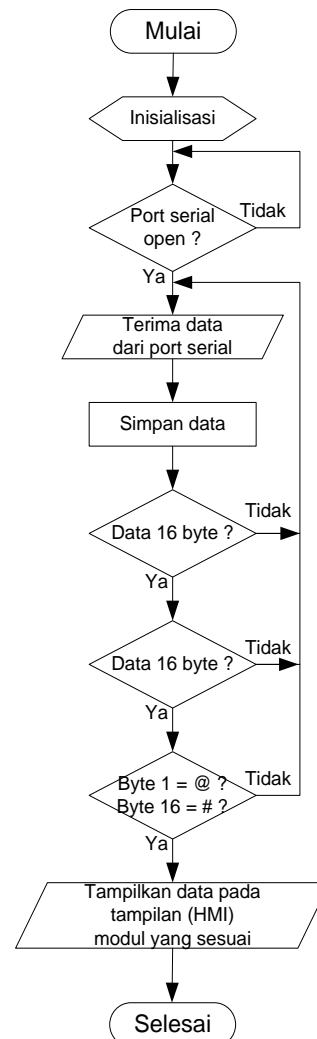
HMI merupakan tampilan dari analisa dan pengolahan data dari *coordinator*, dimana *coordinator* menangkap paket informasi data yang ada pada modul sensor.

Tampilan HMI ini akan memberikan informasi keadaan tabung inkubator kepada perawat. Tampilan HMI seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan HMI

Adapun cara kerja sistem pada HMI seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram Alir Sistem HMI

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian dilakukan menjadi tiga bagian, yaitu dari modul sensor pada ruang inkubator, kinerja jaringan nirkabel zigbee dan kinerja *coordinator* pada komputer.

4.1. Pengujian Modul Sensor SHT11

Pengujian Modul sensor dilakukan dengan alat ukur suhu dan kelembapan dengan Hydrometer Thermometer KT908 . Pengujian suhu dilakukan dengan variasi suhu ruangan dan variasi kelembapan ruangan, dimana hasil pengujian suhu dapat dilihat pada Tabel 3 dan pengujian kelembapan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Suhu

Terukur (°C)		Error %
Alat Ukur (KT908)	Sensor	
25	25	0
26	26	0
27	27	0
29	29	0
32	33	3,12
35	35	0
37	36	2,7
40	40	0
45	46	2,22
53	54	1,88

Tabel 4. Hasil Pengujian Kelembapan

Terukur (RH)		Error %
Alat Ukur (KT908)	Sensor	
41	41	0
45	46	2,22
49	50	2,04
53	53	0
55	55	0
60	60	0
63	65	3,17
65	66	1,53
70	71	1,42
78	79	1,28

Dari pengukuran terdapat error pada sensor, dengan demikian dapat dihitung nilai rata-rata error dengan persamaan berikut.

$$\text{Rata-rata error} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Jadi, dari persamaan 1 didapatkan bahwa error rata-rata sensor suhu : $9,92/10 = 0,99 \%$, rata-rata sensor kelembapan: $11,66/10 = 1,16 \%$

Hasil pengujian sensor yang dilakukan terdapat error, dimana dikarenakan faktor *floating* yang mempengaruhi konversi pada mikrokontroler.

4.2. Pengujian Kinerja Jaringan Nirkabel

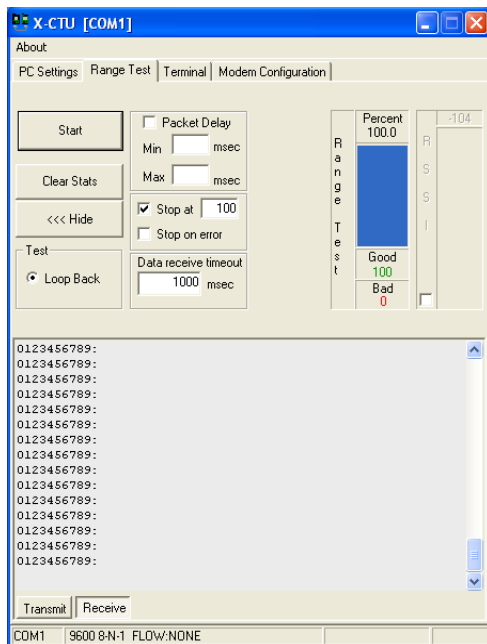
Daya pancar yang digunakan dalam transmisi adalah 10mW(10dBm), RF Data Rate 1200 bps – 250 kbps. Adapun kemampuan sensitivitas penerima yaitu sebesar -100 dBm (1%

packet error rate). Pengujian dilakukan di dalam gedung (*indoor*)[4]. Hasil pengujian jaringan nirkabel zigbee seperti pada Tabel 5. Pengujian dilakukan dengan variasi ketinggian dan jarak. Dimana htx adalah tinggi dari perangkat pemancar yang mengirimkan paket data ke *coordinator*, yang pada pengujian ini dilakukan pada 5 kondisi yaitu 0 meter (m), 0,4 m, 0,8 m, 1,2 m dan 1,6 m. Sedangkan pengujian jarak (d) adalah jauh antara perangkat dengan *coordinator*, yang pada pengujian ini jarak yang digunakan antara 0 sampai 60 meter. Dan *packet loss* adalah jumlah dari paket data yang gagal diterima oleh *coordinator* pada saat pengiriman dari perangkat.

Tabel 5. Pengujian Jaringan Nirkabel Nirkabel ZigBee

htx (perangkat) (m)	Jarak (d) (m)	Packet Loss (%)
0	1 - 21	0
	22	13
	23 - 25	26
	26 - 27	8
	28	54
	29 - 34	100
0,4	1 - 29	0
	30 - 32	5
	33 - 34	2
	35 - 38	16
	39	32
	40 - 42	63
0,8	43 - 48	100
	1 - 43	0
	44 - 47	20
	48 - 50	35
	51 - 53	47
	54	78
1,2	55 - 60	100
	1 - 49	0
	50	7
	51	3
	52 - 53	25
	54 - 55	27
1,6	56	38
	57	35
	58	40
	59 - 64	100
	1 - 45	0
	46	4
	47	7
	48 - 49	14
	50 - 53	24
	54 - 55	37
	56 - 57	43
	58	67
	59 - 64	100

Adapun cara mengetahui *packet loss*, digunakan software X-CTU seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. X-CTU

4.3. Pengujian Kinerja Coordinator

Dalam pengujian kinerja *coordinator* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian *throughput* dan *packet loss*.

4.3.1. Pengujian Throughput Transmisi

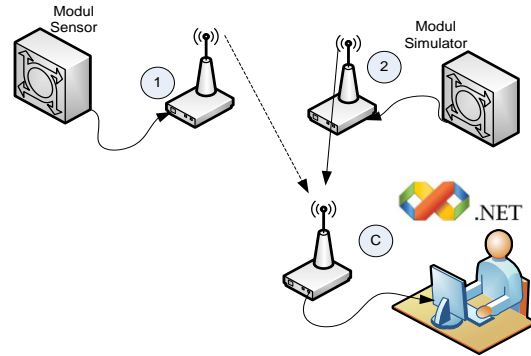
Throughput menunjukkan banyaknya data yang dapat diterima oleh *coordinator* dalam selang waktu tertentu, dimana *throughput* pada besarnya trafik yang terdapat pada jaringan. *Throughput* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9].

$$T_g \left(\frac{\text{byte}}{s} \right) = \frac{\text{byte data} * rx DP}{T(s)} \quad (2)$$

Keterangan:

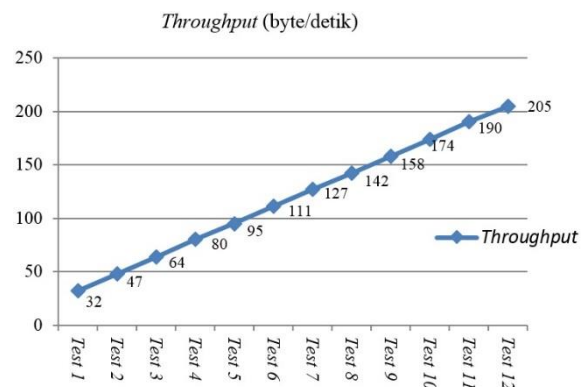
T_g = Throughput
 $rx DP$ = jumlah paket data yang diterima
 T = waktu dalam detik

Pengujian *throughput* transmisi dibuat dalam bentuk grafik yang menyatakan bentuk perubahan disaat *coordinator* menerima paket data dari semua perangkat (perangkat modul sensor dan *simulator*) seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengujian Throughput

Pada pengujian ini dilakukan 12 kali percobaan selama 60 detik, dimana modul sensor melakukan pengiriman data 16 byte dan modul simulasi melakukan pengiriman data yang bervariasi dari 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 192 dan 208 byte. Pengujian dilakukan selama 1 menit dengan rata-rata *throughput* yang diterima pada *coordinator* seperti pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil Pengujian Throughput

Keterangan:

Test n = 16 byte + (16 byte x n)

Pada pengujian *throughput* diketahui semakin besar paket data yang dikirimkan dari modul sensor dan *simulator* ke *coordinator* maka *packet loss* akan semakin meningkat *throughput* data per detik yang diterima.

4.3.2. Perhitungan Packet Loss

Packet loss menunjukkan banyaknya data yang hilang sehingga paket data tidak diterima oleh *coordinator* dengan banyaknya data yang telah dikirim oleh perangkat pada satu

pengukuran [10]. Perhitungan *packet loss* dalam presentasi dapat didefinisikan dengan persamaan berikut [11].

$$PL_T = \left(1 - \frac{nT_{recv}}{nT_{sent}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Packet loss didapatkan dari pengujian *throughput* yang menyatakan bentuk perubahan disaat *coordinator* menerima paket data dari semua perangkat jaringan. Hasil *packet loss* seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Packet Loss Throughput*

Byte		PL _T (%)
nT _{recv}	nT _{sent}	
32	32	0
47	48	2
64	64	0
80	80	0
95	96	1
111	112	0
127	128	0,9
142	144	1,4
158	160	1,25
174	176	1,28
190	192	1
205	206	0,5

Dari pengukuran *throughput* terdapat *packet loss* dalam pengujian, dengan demikian dapat dihitung nilai rata-rata *packet loss* dengan persamaan berikut.

$$\text{Rata-rata } PL_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

Jadi, dari persamaan 4 didapatkan bahwa rata-rata *packet loss* adalah $9,33/12 = 0,78 \%$. Hasil pengujian ini dikarenakan faktor *floating* yang mempengaruhi konversi pada mikrokontroler dan faktor *noise* saat pengiriman dan penerimaan data dititik pemasangan. Adapun kapasitas maksimum (*bandwidth*) pada jaringan adalah 250 Kbps sesuai dengan data *sheet* perangkat ZigBee.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian sensor SHT11 yang dilakukan terdapat *error* 0,99% untuk suhu dan

1,16% untuk kelembapan, ini dikarenakan faktor *floating* yang mempengaruhi konversi pada mikrokontroler.

Pada pengujian kinerja jaringan didapatkan ketinggian (htx) terbaik pada pemancar yang berada pada Perangkat (*end device*) terhadap *coordinator* (hrx) adalah 1,2 meter dari ketinggian permukaan lantai dengan jarak maksimum 49 meter.

Sedangkan pada pengujian pengiriman ke *coordinator* dengan variasi *byte* pengiriman data, dapat disimpulkan bahwa semakin besar paket data yang dikirimkan dari perangkat ke *coordinator* maka *throughput* akan semakin besar sampai kapasitas maksimal 250 Kbps.

Secara keseluruhan, sistem dapat berkerja dengan semestinya dengan topologi *star*, sehingga komunikasi ini sangat baik bila diterapkan pada ruang lingkup yang masih dijangkau oleh *end device* dan *coordinator*. Adapun untuk ruang lingkup yang lebih luas dapat menggunakan topologi *mesh* dengan menambahkan *router* pada titik jangkauan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Farahani, S., *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, Newnes (2008).
- [2] Rachman, F.Z., *Prototype development of monitoring system in patient infusion with wireless sensor network*, ISITIA, Paper ID 453 (2015)
- [3] Firdaus, *Wireless Sensor Network; Teori dan Aplikasi*, Graha Ilmu (2014).
- [4] Labrador, M.A., Wightman, P.M. , *Topology Control in Wireless Sensor Networks* , Springer Science (2009)
- [5] Hill, R. Szewczyk, A, Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister, *System Architecture Directions for Networked Sensor*, ASPLOS 2000
- [6] Karl,H., Willig, A., *Protocols and Architecture for Wireless Sensor Networks*, Wiley (2005)
- [7] Jason Lester Hill, *System Architecture for Wireless Sensor Network*, a dissertation in Computer Science in the Graduate Division of the University, Berkley (2003)
- [8] Ville Kaseva, Timo D. H''am''al''ainen, and Marko H''annik''ainen, *A Wireless Sensor Network for Hospital Security: From User Requirements to Pilot*

- Deployment*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2011, Article ID 920141, doi:10.1155/2011/920141
- [9] B. Preveze, A. Safak, *Throughput Improvement of mobile multi-hop wireless network*, Internasional Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), vol.2, no.3, August 2010
- [10] M. Shamsi, A.G Rahbar, *Packet Loss Analysis of Multi-Fiber Asymmetric Share-per-link optical packet switches*, Internasional Journal of Advances in Optical Communication and Network, Vol. 1, No.1, Des 2010
- [11] M.S Koul, Analysis of The Effects of Packet Loss and Delay Jitter on MPEG-4 Video Quality, Dept. of Electric Engineering, Arlington , Texas

Biodata Penulis

Fathur Zaini Rachman, Menerima gelar S1 Elektro dari ITN Malang tahun 2009 dan gelar S2 Elektro ITS Surabaya 2011. Saat ini penulis sebagai dosen di Politeknik Negeri Balikpapan